

Kajian Eksperimental Koefisien Redaman Akustik Bahan Pelapis Plat Dek Kapal

Wibowo H. Nugroho¹, Nanang J.H. Purnomo¹, Hardi Zen², Andi Rahmadiansah³

¹Pusat Teknologi Rekayasa Industri Maritim, BPPT, Kompleks ITS Sukolilo, Surabaya

²Balai Teknologi Hidrodinamika, BPPT, Kompleks ITS Sukolilo, Surabaya

³Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

Article history: Received: 4/4/2018; Revised: 14/5/2018; Accepted: 20/6/2018

ABSTRAK

Dengan semakin ketatnya persyaratan dari biro klasifikasi kapal untuk batasan kebisingan yang diijinkan agar penumpang dan awak kapal semakin nyaman dan aman maka untuk mengatasi kebisingan ini diperlukan kajian teknis berupa terapan dari pengetahuan akan karakteristik dari kebisingan tersebut. Kebisingan yang berlebih melampaui standard yang diijinkan pada ruangan kapal merupakan suatu permasalahan yang sering ditemui oleh para operator kapal dimana hal ini sangat mempengaruhi kenyamanan awak serta penumpang kapal. Salah satu metode untuk mengurangi pengaruh kebisingan pada kapal adalah dengan melakukan pengurangan terhadap kebisingan tersebut dengan menggunakan peredam (damper). Paper ini menjelaskan metode penentuan koefisien serapan α dan rugi transmisi (TL) melalui uji akustik dari peredam berbahan beton (concrete) pelapis plat dek kapal di laboratorium uji akustik. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode tabung impedansi dan respon plat diukur oleh microphone. Secara umum sifat – sifat bahan redaman ini tetap melekat pada material utama pembangunnya yaitu beton atau “concrete”. Hal ini diperlihatkan dari nilai rugi transmisi (TL) adalah berkisar antara 10 - 50 dB sedangkan untuk bahan dasar beton adalah berkisar 22 – 49 dB akan tetapi koefisien serap α dari material spesimen jauh lebih tinggi dari pada material bahan dasar beton terutama pada daerah frekuensi tinggi, yaitu berkisar dari 0.15 – 0.97, sedangkan untuk bahan dasar beton mempunyai koefisien serap α berkisar dari 0.01 – 0.02.

Kata kunci : peredam kebisingan, koefisien serap suara, rugi transmisi suara

ABSTRACT

With the increasingly strict requirements of the ship classification bureau for permissible noise limits to allow passengers and crew to be more comfortable and secure a technical assessment is required to address the characteristics of the noise. A noise beyond the standard allowed in the vessel can be a problem to the ship operators. This noise problem will greatly affects the crews' comfort and passengers. One method to reduce the noise on a ship is to use sound insulation. This paper describes the method for determining the absorption coefficient α and the transmission loss (TL) through an acoustic test of a concrete insulation in the laboratory. The test was conducted by using the method of impedance tube where a specimen response measured by a microphone. In general, the properties of this insulation material remains as the main base material which is concrete. It has been found that the transmission loss value (TL) is in the range of 10 - 50 dB whereas for the base material the concrete is around 22 - 49 dB but the absorption coefficient α of the specimen material is much higher than the material of the base material especially in high frequency, which ranges from 0.15 to 0.97, whereas for concrete base materials have absorbent coefficient α ranges from 0.01 to 0.02.

Keywords: noise reduction, sound absorption coefficient, sound transmission loss



Wibowo H. Nugroho, lulus Sarjana Teknik Perkapalan (Ir/1990) dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, Msc (1994) di bidang Engineering Mathematics, dari University of Newcastle, Newcastle Upon Tyne, The United Kingdom. Dan PhD (2002) di bidang Smart Structure / Mechanical Engineering, Monash University

Melbourne, Australia. Saat ini bekerja sebagai Perekrutan Ahli Utama pada Pusat Teknologi Rekayasa Industri Maritim, BPP Teknologi Surabaya. Penulis juga menjadi staf pengajar tidak tetap Teknik Mesin pada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Bidang penelitian yang diminati adalah dinamika struktur dengan berbagai aplikasi rekayasa seperti prediksi beban dinamis pada wahana permukaan dan bawah air, prediksi kerusakan struktur, getaran struktur kapal, serta desain buoy tsunami/seismik dan unit dasar laut.

*Corresponding author.

E-mail address: wibowo.harso@bppt.go.id

Peer reviewed under responsibility of Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

© 2017 Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, All right reserved, This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



Nanang JH Purnomo, ST., lulus D3 Politeknik Perkapalan Surabaya dengan Jurusan Teknik Bangunan Kapal tahun 1998. Lulus S1 Lintas Jalur tahun 2003 di Jurusan Teknik Perkapalan ITATS Surabaya,. Saat ini bekerja sebagai Perekrayan Ahli Madya pada Pusat Teknologi Rekayasa Industri Maritim, BPP Teknologi Surabaya. Bidang penelitian yang diminati adalah hidrodinamika eksperimen dan numerik

PENDAHULUAN

Seperti telah diketahui bersama bahwa kapal tidak hanya sebagai tempat kerja tetapi juga sebagai pendukung kehidupan sehari-hari bagi awak kapal. Kondisi yang nyaman di ruang akomodasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap faktor pekerjaan bagi awak kapal seperti mempertahankan tingkat kesehatan agar dapat terus bekerja dengan produktif. Selain dari para awak kapal tersebut, hal yang sangat penting untuk diperhatikan adalah tingkat kenyamanan dari para penumpang kapal.

Untuk kapal-kapal penumpang yang berkecepatan dibawah atau sama dengan 25 knot, batas kebisingan yang diijinkan diperlihatkan pada Tabel 1 untuk peredaman suara dan Tabel 2 untuk peredaman suara” impact”, dengan tujuan untuk memperbesar tingkat kenyamanan para penumpang kapal. Untuk kapal penumpang yang berkecepatan diatas 25 knot diperlihatkan pada Tabel 3 dan Tabel 4. Range frekuensi (31.5 – 8k) Hz yang diperlihatkan pada Tabel 1 superscript 1 merupakan acuan frekuensi pada studi eksperimental ini.

Untuk alasan ini, maka sangat diperlukan untuk melakukan "Kajian Eksperimental Koefisien Redaman Akustik Bahan Pelapis Plat Dek Kapal". Dimana tentunya hasil yang diperoleh dari kajian ini dapat dipakai sebagai salah satu acuan desain pemilihan material redaman kebisingan bagi perencana kapal untuk mendapatkan kondisi yang nyaman bagi awak kapal dan penumpangnya.

Studi eksperimental ini merupakan kesatuan kajian teknis yang dilakukan oleh penulis untuk redaman getaran [2]. Informasi awal untuk melakukan pengujian kebisingan mengacu pada laporan studi pengurangan kebisingan pada ruangan akomodasi penumpang kapal yang dilakukan oleh Nippon Kaiji Kyokai [3]. Dimana pada pelaporan ini disimpulkan bahwa pengurangan kebisingan 5 – 7 dB dapat dilakukan dengan menambahkan material redaman pada ruang akomodasi dan kamar mesin induk. Jenis-jenis material redaman untuk mengurangi kebisingan bisa dilihat pada hasil kerja dari Benson Carlin, et al [4] dimana aturan klasifikasi kapal untuk batas kebisingan dan getaran yang diijinkan menggunakan aturan Germanischer Lloyd [1]. Untuk definisi tentang koefisien serapan

suara (α) dan rugi transmisi suara (TL) mengacu pada paper Kurt Heutschi [5] dan Norwood, C [6]. Nilai-nilai dari hasil pengujian akustik pada studi ini diperoleh dari laporan kegiatan Wibowo et al [7].

Tabel 1. Batas kebisingan untuk ruang penumpang di kapal dengan kecepatan dibawah 25 knot [1].

On board Acoustic Privacy – Sound Insulation (minimum required weighted apparent sound insulation index in dB according to ISO 717/1 and ISO 140/4)						
Arrangements:	hc					
	E	1	2	3	4	
First-class cabins to first-class cabins (incl. bath to bath)	42	40	38	36	34	
First-class cabins to standard cabins (incl. bath to bath)	42	40	38	36	34	
Standard cabins to standard cabins (incl. bath to bath)	40	38	36	34	32	
First-class cabins to corridors	40	38	36	34	32	
Standard cabins to corridors	38	36	34	32	30	
Pax cabins to crew spaces	50	48	46	44	42	
Pax cabins to public spaces type 1 ¹	64	62	60	58	56	
Pax cabins to public spaces type 2	58	56	54	52	50	
Pax cabins to staircases ²	58	56	54	52	50	
Pax cabins to engine room casings, elevator casings etc. ³	60	58	56	54	52	
Pax cabins to HVAC rooms ⁴	58	56	54	52	50	
Pax cabins to engine rooms ⁵	64	62	60	58	56	

¹ The sound pressure levels (SPL) for the 1/1 octave band mid frequencies that should not be exceeded in public spaces type 1 (when in use) are listed as follows:

Frequency in Hz	31.5	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k
SPL in dB(A)	65	72	78	85	88	91	94	94	94

² In general, the number of passenger cabins located adjacent to staircases have to be minimized.

³ Number of passenger cabins located adjacent to engine rooms and elevator casings etc. should be minimized. If possible, acoustic buffer zones (e.g., service stores, lockers etc.) should be arranged between cabins and casings. The average sound pressure level in engine room casings must be limited to max. 100 dB(A).

⁴ Average sound pressure level in HVAC rooms located adjacent to passenger cabins must be limited to max. 80 dB(A).

⁵ Arrangement of passenger cabins adjacent to engine rooms should be avoided. Otherwise specific provisions are required to achieve limit values.

Tabel 2. Batas kebisingan untuk ruang penumpang di kapal dengan kecepatan dibawah 25 knot [1].

On board Acoustic Privacy – Impact Sound Insulation (maximum permissible normalized sound pressure level index in dB according to ISO 717/2 and ISO 140/7)						
Arrangements:	hc					
	E	1	2	3	4	
Pax cabins adjacent to pax cabins (soft floor)	46	48	50	52	54	
Pax cabins adjacent to corridors (soft floor)	46	48	50	52	54	
Pax cabins adjacent to crew spaces	46	48	50	52	54	
Pax cabins adjacent to public spaces type 1	46	48	50	52	54	
Pax cabins adjacent to public spaces type 1a	maximum 46 dB					
Pax cabins adjacent to public spaces type 2 (hard floor)	48	50	52	54	56	
Pax cabins adjacent to public spaces type 2 (soft floor)	46	48	50	52	54	
Pax cabins adjacent to service spaces (galleys, pantries etc.)	46	48	50	52	54	
Pax cabins adjacent to open deck recreation areas ⁶	maximum 60 dB					
Pax cabins adjacent to jogging paths, sport courts etc.	7	7	7	7	7	

⁶ Arrangement of passenger and crew cabins below open deck recreation areas should be avoided. However, if so arranged the limit of the normalised impact sound pressure level for cabins below those spaces must be agreed upon between owner, yard and Germanischer Lloyd but must not exceed 60 dB in any case.

⁷ Arrangement of passenger and crew cabins below jogging paths, sport courts etc. should be avoided. However, if so arranged the limit of the normalised impact sound pressure level for cabins adjacent to those spaces must be agreed upon between owner, yard and Germanischer Lloyd.

Tabel 3. Batas kebisingan untuk ruang penumpang di kapal dengan kecepatan diatas 25 knot [1].

On board acoustic privacy – sound insulation (minimum required weighted apparent sound insulation index [dB] according to ISO 717/1 and ISO 140/4)					
Arrangements:	hc				
	E	1	2	3	4
First-class cabins to first-class cabins (incl. bath to bath)	42	40	38	36	34
First-class cabins to standard cabins (incl. bath to bath)	42	40	38	36	34
Standard cabins to standard cabins (incl. bath to bath)	40	38	36	34	32
First-class cabins to corridors	40	38	36	34	32
Standard cabins to corridors	38	36	34	32	30
Pax cabins to crew spaces	50	48	46	44	42
Pax cabins to public spaces type 1	64	62	60	58	56
Pax cabins to public spaces type 2	58	56	54	52	50
Pax cabins to staircases ¹	58	56	54	52	50
Pax cabins to engine room casings, elevator casings etc. ²	60	58	56	54	52
Pax cabins to HVAC rooms ³	58	56	54	52	50
Pax cabins to engine rooms ⁴	64	62	60	58	56

Tabel 4. Batas kebisingan untuk ruang penumpang di kapal dengan kecepatan diatas 25 knot [1].

On board acoustic privacy – Impact sound insulation (maximum permissible normalized sound pressure level index [dB] according to ISO 717/2 and ISO 140/7)					
Arrangements:	hc				
	E	1	2	3	4
Pax cabins adjacent to pax cabins (soft floor)	46	48	50	52	54
Pax cabins adjacent to corridors (soft floor)	46	48	50	52	54
Pax cabins adjacent to crew spaces	46	48	50	52	54
Pax cabins adjacent to public spaces type 1 (soft, hard floors)	46	48	50	52	54
Pax cabins adjacent to public spaces of type 2 (hard floor)	48	50	52	54	56
Pax cabins adjacent to public spaces of type 2 (soft floor)	46	48	50	52	54
Pax cabins adjacent to open deck recreation areas (hard floor)	50	52	54	56	58
Pax cabins adjacent to jogging paths, dance floors etc.	5	5	5	54	56
Pax cabins adjacent to service spaces (galleys, pantries etc.)	46	48	50	52	54

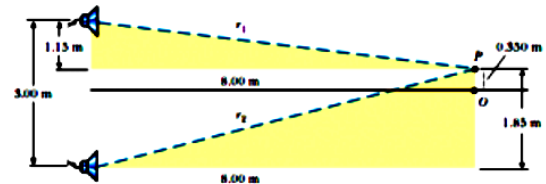
¹ In general, the number of passenger cabins located adjacent to staircases have to be minimized.
² Number of passenger cabins located adjacent to engine rooms and elevator casings etc. should be minimized. If possible, acoustic buffer zones (e.g., service stores, lockers etc.) should be arranged between cabins and casings. The average sound pressure level in engine room casings must be limited to max. 100 dB(A).
³ Average sound pressure level in HVAC rooms located adjacent to passenger cabins must be limited to max. 80 dB(A).
⁴ Arrangement of passenger cabins adjacent to engine rooms should be avoided. Otherwise specific provisions are required to achieve limit values.
⁵ Arrangement of passenger and crew cabins below sport courts etc. should be avoided. However, if so arranged the on board impact sound insulation index for sport courts etc. must be agreed upon between owner, yard and Germanischer Lloyd.

Studi eksperimental ini merupakan kesatuan kajian teknis yang dilakukan oleh penulis untuk redaman getaran [2]. Informasi awal untuk melakukan pengujian kebisingan mengacu pada laporan studi pengurangan kebisingan pada ruangan akomodasi penumpang kapal yang dilakukan oleh Nippon Kaiji Kyokai [3]. Dimana pada pelaporan ini disimpulkan bahwa pengurangan kebisingan 5 – 7 dB dapat dilakukan dengan menambahkan material redaman pada ruang akomodasi dan kamar mesin induk. Jenis-jenis material redaman untuk mengurangi kebisingan bisa dilihat pada hasil kerja dari Benson Carlin, et al [4] dimana aturan klasifikasi kapal untuk batas kebisingan dan getaran yang diijinkan menggunakan aturan Germanischer Lloyd [1]. Untuk definisi tentang koefisien serapan suara (α) dan rugi transmisi suara (TL) mengacu pada paper Kurt Heutschi [5] dan Norwood, C [6]. Nilai-nilai dari hasil pengujian akustik pada studi ini diperoleh dari laporan kegiatan Wibowo et al [7]. Paper ini merangkum hasil kajian tersebut dan dimaksudkan sebagai referensi saat menggunakan bahan redaman pada dek kapal penumpang. Penulis berharap bahwa kajian ini akan berkontribusi pada pengurangan

kebisingan dan mempromosikan penggunaan bahan redaman di kapal penumpang.

DASAR TEORI

Dasar teori yang dipakai dalam studi eksperimental ini adalah teori gelombang berdiri (*standing wave*) yang dapat dijelaskan dengan menggunakan Gambar 1.



Gambar 1. Dua speaker yang dihidupkan dengan sumber yang sama

Gambar 1 diatas merupakan contoh dimana dua speaker dengan sumber yang sama dengan jarak 3 meter. Seorang pendengar berada pada jarak 8 meter dari titik tengah kedua speaker. Lalu pendengar berjalan 0,35 meter tegak lurus.

Gelombang suara dari speaker pada contoh di atas meninggalkan speaker dalam arah maju, dan kita menganggap interferensi pada titik dalam ruang di depan speaker. Misalkan kita mengubah speaker sehingga mereka saling berhadapan dan kemudian memancarkan suara dari frekuensi dan amplitudo yang sama. Kita sekarang memiliki keadaan di mana dua gelombang yang identik merambat di arah yang berlawanan dalam medium yang sama. Gelombang ini tergabung sesuai dengan prinsip superposisi.

Kita dapat menganalisis situasi seperti ini dengan mempertimbangkan fungsi gelombang untuk dua gelombang sinusoidal transversal memiliki amplitudo, frekuensi, dan panjang gelombang yang sama tapi merambat di arah yang berlawanan dalam medium yang sama:

$$y_1 = A \sin(kx - \omega t) \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$y_2 = A \sin(kx + \omega t) \quad \dots\dots\dots(2)$$

dimana y_1 merupakan gelombang merambat ke kanan dan y_2 merambat ke kiri. Menambahkan dua fungsi memberikan fungsi gelombang resultan y :

$$y = y_1 + y_2 = A \sin(kx - \omega t) + A \sin(kx + \omega t) \quad \dots\dots\dots(3)$$

Ketika menggunakan identitas trigonometri ,

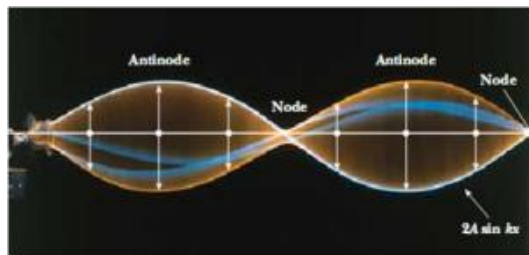
$$\sin(a \pm b) = \sin a \cos b \pm \cos a \sin b \quad \dots\dots\dots(4)$$

maka persamaan diatas menjadi:

$$y = (2A \sin kx) \cos \omega t \quad \dots\dots\dots(5)$$

yang merupakan fungsi gelombang dari gelombang berdiri. Sebuah gelombang berdiri, seperti yang

ditunjukkan pada Gambar 2, adalah pola osilasi dengan garis stasioner yang dihasilkan dari superposisi dari dua gelombang yang identik merambat dalam arah yang berlawanan [8].



Gambar 2. Pola osilasi dengan garis stasioner yang dihasilkan dari superposisi dari dua gelombang yang identik merambat dalam arah yang berlawanan

Sebagai contoh dari tipe kedua, gelombang berdiri pada garis transmisi adalah gelombang dimana distribusi arus, tegangan, atau kekuatan medan terbentuk oleh superposisi dari dua gelombang dengan frekuensi yang sama merambat dalam arah yang berlawanan. Efeknya adalah serangkaian simpul (perpindahan nol) dan anti-simpul (perpindahan maksimum) pada titik tetap sepanjang saluran transmisi. Gelombang berdiri tersebut dapat dibentuk ketika sebuah gelombang yang dikirim ke salah satu ujung saluran transmisi dan dipantulkan dari ujung lainnya oleh ketidakcocokan impedansi, yaitu, diskontinuitas, seperti rangkaian terbuka atau pendek [9]. Kegagalan garis untuk mentransfer daya pada frekuensi gelombang berdiri biasanya akan mengakibatkan distorsi atenuasi.

Contoh lain adalah gelombang berdiri di laut terbuka yang dibentuk oleh gelombang dengan periode gelombang yang sama bergerak dalam arah berlawanan. Ini mungkin terbentuk di dekat pusat badai, atau dari refleksi gelombang besar di pantai, dan merupakan sumber microbaroms dan microseisms.

Dalam prakteknya, kerugian dalam saluran transmisi dan komponen lain berarti bahwa refleksi sempurna dan gelombang berdiri murni tidak pernah tercapai. Hasilnya adalah gelombang berdiri parsial, yang merupakan superposisi dari gelombang berdiri dan gelombang berjalan. Tingkat dimana gelombang menyerupai gelombang berdiri baik murni atau gelombang berjalan murni adalah diukur dengan Standing Wave Ratio (SWR) [10].

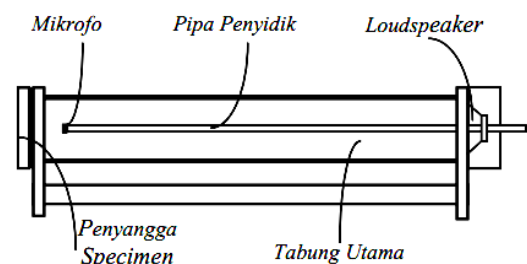
KOEFISIEN PENYERAPAN α DAN RUGI TRANSMISI TL dari SUARA

Salah satu metode untuk mendapatkan nilai Rugi Transmisi (Transmission Loss) TL dan Koefisien Penyerapan (Absorption Coefficient) α menggunakan

metode Standing Wave. Metode ini dapat diterapkan pada tabung impedansi (impedance tube) menggunakan ASTM C384 / ISO 10534. Berikut akan diuraikan teori mengenai Standing Wave untuk mendapatkan nilai TL dan α .

Pengujian sampel untuk mengetahui koefisien absorpsi dari sampel tersebut dengan menggunakan metode tabung impedansi. Metode tabung impedansi merupakan salah satu cara untuk mengukur koefisien serap (α). Penggunaan metode ini berdasarkan dua standart, yaitu ISO 10534-2:1998 dan American Standart for Testing Materials (ASTM) E1050-98. Prinsip dasar metode Tabung Impedansi adalah refleksi, absorpsi, dan transmisi gelombang bunyi oleh permukaan bahan pada suatu ruang tertutup, dimana bahan tersebut digunakan untuk melapisi permukaan dinding ruang tertutup [11].

Bagian-bagian Tabung Impedansi Tabung impedansi yang digunakan pada metode ini dibagi dalam beberapa bagian, yaitu bagian tabung dan pipa penyelidikan, bagian penyangga bahan uji (specimen), bagian pembangkit bunyi, dan bagian penerima bunyi. Lebih jelasnya perhatikan Gambar 3.



Gambar 3. Set Peralatan Tabung Impedansi.

a. Bagian Tabung dan Pipa Penyelidik

Tabung harus memiliki penampang lintang berbentuk lingkaran sempurna dan tidak boleh bengkok. Tabung harus diletakkan mendatar dengan penyangga yang kokoh. Pada bagian ini pipa penyelidikan dipasang di dalam tabung tepat di tengah lingkaran lubang tabung. Pipa penyelidikan harus lurus dan tidak boleh melengkung.

b. Bagian Penyangga Bahan Uji (Specimen)

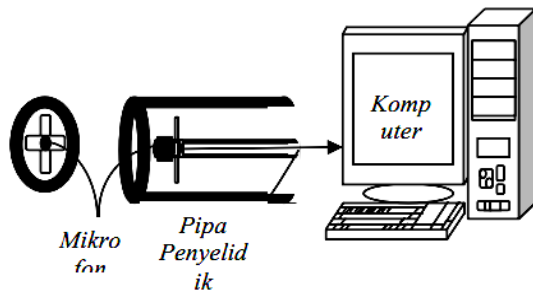
Bagian ini diletakkan di depan pipa penyelidikan dengan suatu backing material (bahan penyokong) untuk merekatkan specimen. Pemasangan penyangga specimen pada tabung harus benar-benar rapat.

c. Bagian Pembangkit Bunyi

Bagian pembangkit bunyi terdiri dari audio generator, amplifier, dan loudspeaker. Pada bagian

ini loudspeaker diletakkan di ujung belakang tabung, dengan membran loudspeaker tepat pada lubang tabung. Loudspeaker harus ditutup rapat sampai bunyi yang dikeluarkannya tidak bocor (terdengar keras dari bagian belakang).

Dalam hal ini filter gelombang dan audio system analyzer dapat diganti dengan suatu komputer yang mempunyai software yang mampu membaca nilai keluaran yang ditangkap oleh mikrofon. Mikrofon direkatkan di ujung pipa penyelidik di dalam tabung dengan cara pemasangannya seperti gambar 4.



Gambar 4. Pemasangan Mikrofon pada Pipa Penyelidik di Dalam Tabung.

Mikrofon dipasang dengan diberi penyangga di belakangnya supaya pipa penyelidik tidak melengkung. Kenyataannya komputer lebih sensitif daripada filter gelombang, sehingga dari mikrofon dapat langsung dihubungkan ke komputer tanpa perlu dikuatkan amplifier.

d. Bagian Penerima Bunyi

Sedang untuk pengujian yang mempunyai tingkat tekanan bunyi maksimum dan minimum dua atau lebih, nilai koefisien absorpsinya dihitung menggunakan persamaan:

$$s = \frac{|p_{\max}|}{|p_{\min}|} \quad (6)$$

Dimana s adalah standing wave yang didapat dari P_{\max} adalah tingkat tekanan bunyi maksimum dan P_{\min} adalah tingkat tekanan bunyi minimum. Dari nilai standing wave dapat dicari nilai faktor refleksi (r):

$$|r| = \frac{s-1}{s+1} \quad (7)$$

Sehingga nilai koefisien serap (α) dari bahan didapat dari persamaan:

$$\alpha = 1 - |r|^2 \quad (8)$$

Sedangkan untuk mencari nilai Transmission Loss (TL) dapat dicari menggunakan persamaan:

$$TL = Lp1 - Lp2 + 10 \log (0,25 + Sw/R) \text{ dB} \quad (9)$$

Dimana:

$Lp1$ = Tingkat tekanan bunyi pada sumber bunyi

$Lp2$ = Tingkat tekanan bunyi pada ruang penerima

Sw = Luas dinding pemisah ruang penerima dan sumber bunyi

R = Konstanta ruang (28,98)

NR = Noise reduction ($Lp1 - Lp2$)

PENGUKURAN RUGI TRANSMISI (TL) DAN KOEFISIEN PENYERAPAN (α)

Pengukuran data akustik yang dilakukan terdiri dari persiapan specimen uji dan peralatan. Berikut ditampilkan data teknis specimen uji dalam bentuk tabel.

- Data teknis specimen

Tabel 5. Data Ukuran Sampel Beton

NO	DESKRIPSI SAMPEL
1	Beton Tipis (DC) (1000 x 500 x 20) satuan mm
2	Beton Tipis (DC) (1000 x 500 x 20) + Plat (1000 x 500 x 120) satuan mm
3	Beton Tebal (DC) (1000 x 500 x 50) + Plat (1000 x 500 x 120) satuan mm
4	Beton Tebal (DC) (1000 x 500 x 50) satuan mm
5	Beton Tipis (DS) (1000 x 500 x 20) + Plat (1000 x 500 x 120) satuan mm
6	Beton Tipis (DS) (1000 x 500 x 20) satuan mm
7	Beton Tebal (DS) 1000 x 500 x 50) satuan mm
8	Beton Tebal(DS) 1000 x 500 x 50) + Plat (1000 x 500 x 120) satuan mm

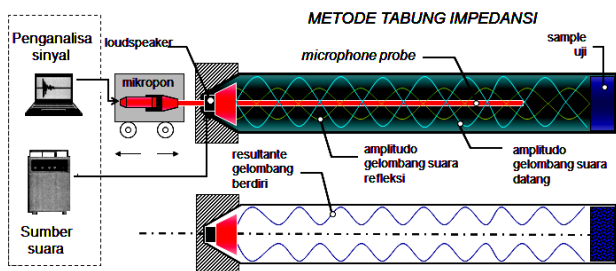


Gambar 5. Sampel Beton

- Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Impedance Tube
2. 01 dB Solo Basic Sound Level Meter (Serial: 11555)
3. Bruel & Kjaer 4230 Sound Level Calibrator (Serial: 1234505)
4. Laptop
5. Software dBFA & Excel.



Gambar 6. Setting pengukuran TL dan α menggunakan metode tabung impedansi

Prinsip Kerja Pengukuran TL dan α Menggunakan Metode Tabung Impedansi:

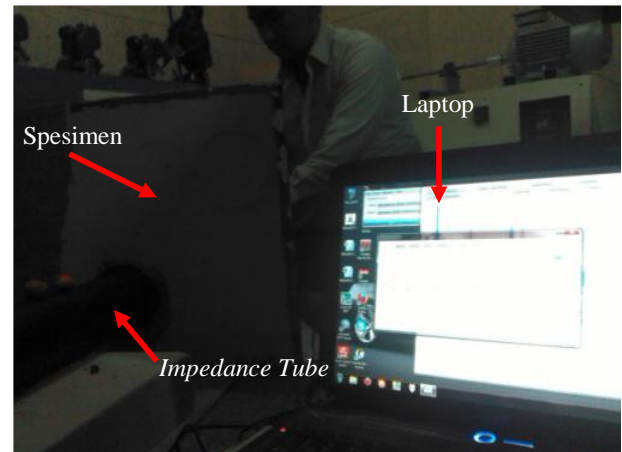
- Radiasi *pure tone* pada frekuensi tertentu dari *loudspeaker* → direfleksikan setelah mencapai ujung tabung → *resultant incident wave* dan *reflected wave* membentuk *standing wave* (gelombang berdiri).
- Diameter sampel harus $\leq \frac{1}{2} \lambda$ → frekuensi yang diteliti dibatasi oleh diameter tabung yang digunakan.

Pengukuran Transmission Loss (TL) dan Absorption Coefficient (α):

1. Spesimen yang akan diuji TL dan α diletakkan di tempat spesimen *impedance tube* (di bagian tengah).
2. Untuk mencegah kebocoran akustik spesimen dengan *impedance tube* ditutupi dengan lilin.
3. Dibangkitkan *sound source* di salah satu ujung *impedance tube*.
4. Dengan menggunakan *microphone* yang dihubungkan dengan laptop didapatkan data suara dalam rentang frekuensi 125 Hertz – 4.000 Hertz.
5. Data pengukuran yang didapatkan diolah menggunakan metode *standing wave* (ISO 10534-2:2001).



Gambar 7. Konfigurasi set-up pengukuran

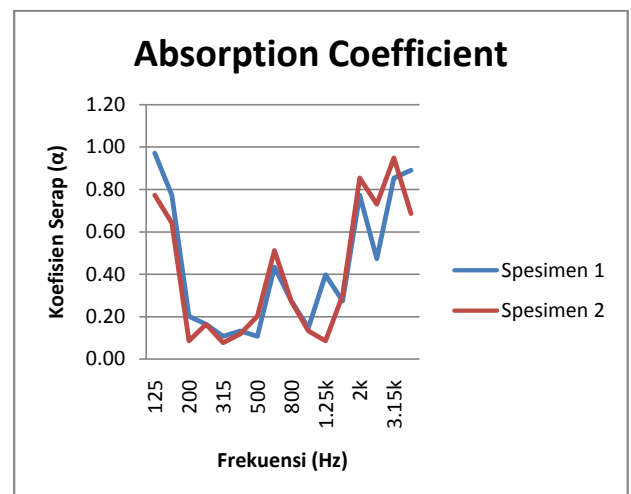


Gambar 8. Konfigurasi *spesimen – impedance tube – laptop* pada saat pengukuran TL dan α

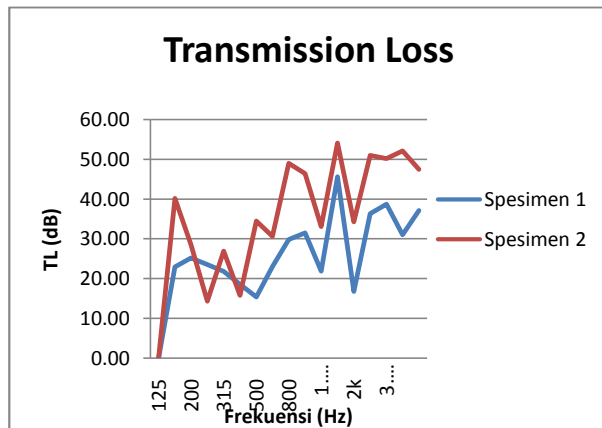
ANALISA DATA HASIL PENGUKURAN UNTUK RUGI TRANSMISI (TL) DAN KOEFISIEN PENYERAPAN (α)

Pada saat pengambilan data, spesimen yang digunakan diberi label mulai dari spesimen hingga spesimen delapan. Dimana spesimen 1 dan 2 sejenis, namun spesimen 2 telah diberi plat. Sedangkan spesimen 3 sejenis dengan spesimen 7, dimana spesimen 3 adalah spesimen yang diberi plat. Begitu pula spesimen 4 yang sejenis dengan spesimen 8 yang telah diberi plat. Dan terakhir adalah spesimen 5 yang telah dilapisi plat yang sejenis dengan spesimen 6 tanpa plat.

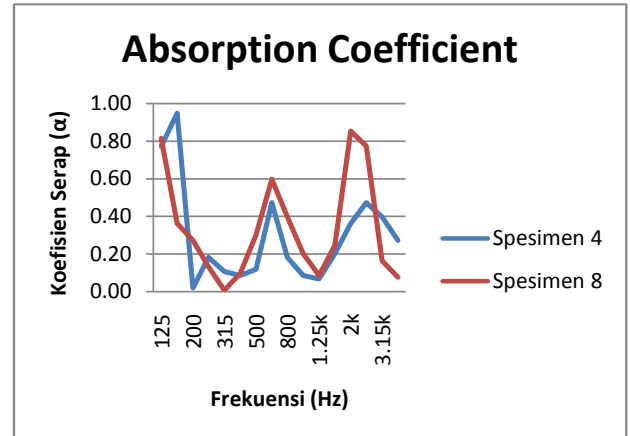
Berdasarkan pengukuran dilakukan perhitungan untuk mengetahui karakteristik spesimen berdasarkan Absorption Coefficient (α) dan Transmission Loss (TL). Dimana nilai TL didapatkan pada rentang frekuensi 125 Hertz hingga 4.000 Hertz. Data hasil perhitungan α dan TL sebagai berikut:



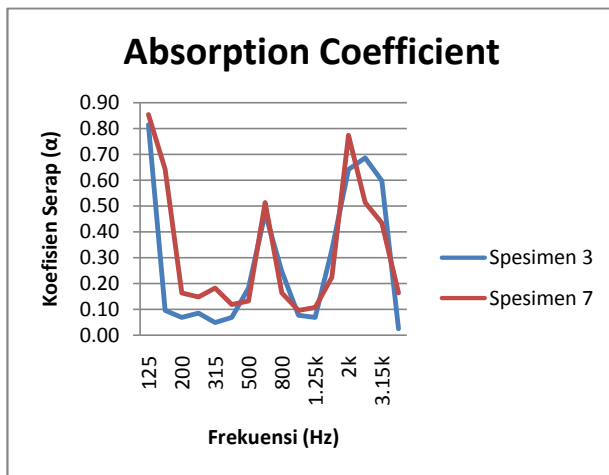
Gambar 9. Kurva perbandingan nilai α spesimen 1 & spesimen 2



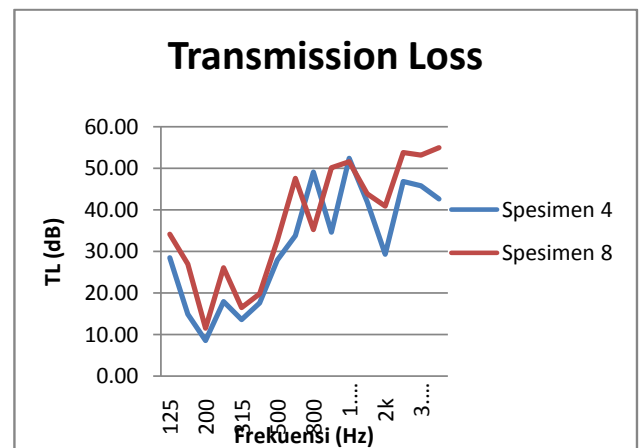
Gambar 10. Kurva perbandingan nilai TL spesimen 1 & spesimen 2



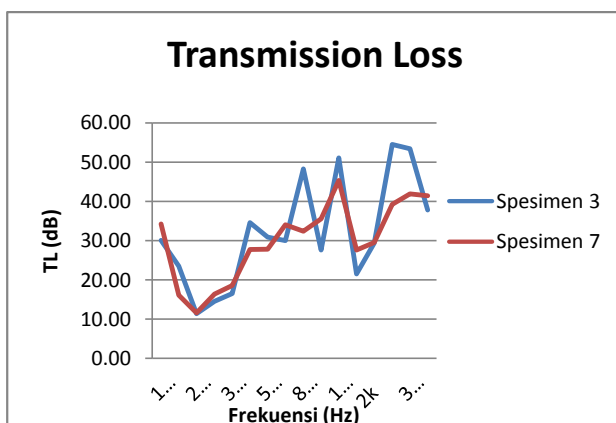
Gambar 13. Kurva perbandingan nilai α spesimen 4 & spesimen 8



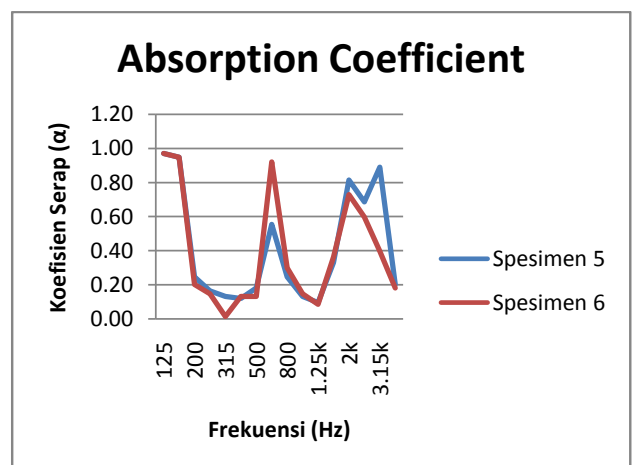
Gambar 11. Kurva perbandingan nilai α spesimen 3 & spesimen 7



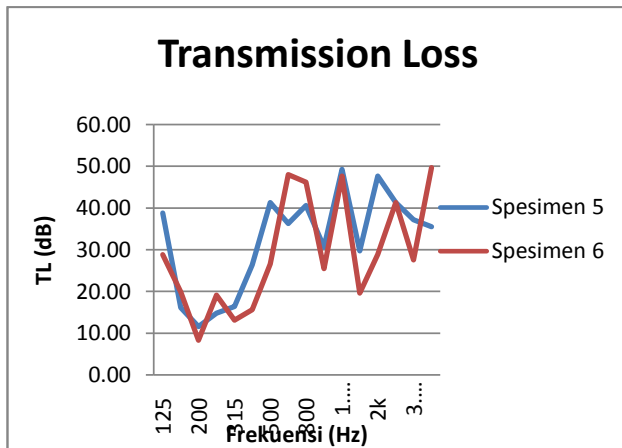
Gambar 14. Kurva perbandingan nilai TL spesimen 4 & spesimen 8



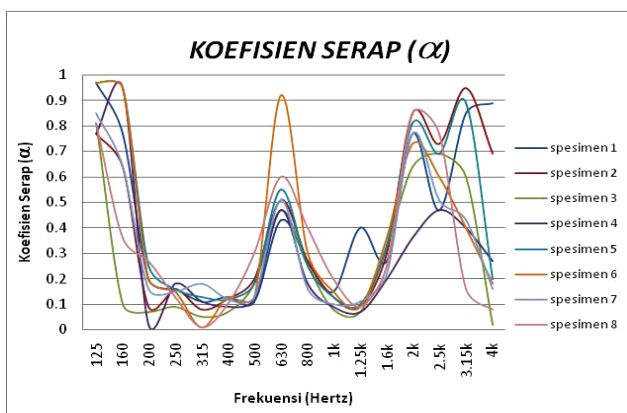
Gambar 12. Kurva perbandingan nilai TL spesimen 3 & spesimen 7



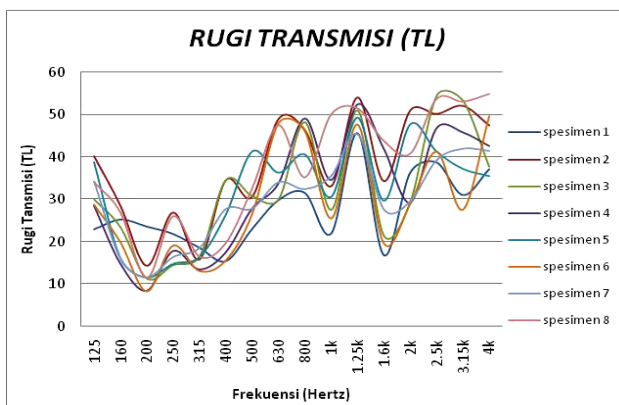
Gambar 15. Kurva perbandingan nilai α spesimen 5 & spesimen 6



Gambar 16. Kurva perbandingan nilai spesimen 5 & spesimen 6



Gambar 17. Koefisien serap (α) pada specimen 1 s.d. specimen 8.



Gambar 18. Rugi transmisi (TL) pada specimen 1 s.d. specimen 8

Karakteristik secara fisik spesimen 1 adalah beton tipis, sedangkan spesimen 2 adalah beton tipis dengan lapisan plat besi. Berdasarkan Gambar 9, nilai α tidak cukup signifikan perbedaannya, hal ini disebabkan bahan dan struktur dari spesimen 1 dan spesimen 2 adalah sejenis (DC). Karena bahan beton mempunyai struktur kepadatan yang tinggi sehingga nilai α menjadi kecil

(bukan material penyerap yang baik). Sedangkan pada Gambar 10 nilai TL spesimen 2 dengan penambahan plat besi cenderung lebih besar daripada nilai TL spesimen 1, hal ini disebabkan sifat plat besi dan menambah tebalnya spesimen 2.

Karakteristik secara fisik spesimen 3 adalah beton tipis dilapisi plat besi, sedangkan spesimen 7 adalah beton tipis. Berdasarkan Gambar 11, nilai α tidak cukup signifikan perbedaannya, hal ini disebabkan bahan dan struktur dari spesimen 3 dan spesimen 7 adalah sejenis (DC). Karena bahan beton mempunyai struktur kepadatan yang tinggi sehingga nilai α menjadi kecil (bukan material penyerap yang baik). Sedangkan pada Gambar 12 nilai TL spesimen 3 dengan penambahan plat besi cenderung lebih besar daripada nilai TL spesimen 7, hal ini disebabkan sifat plat besi dan menambah tebalnya spesimen 3.

Karakteristik secara fisik spesimen 4 adalah beton tebal, sedangkan spesimen 8 adalah beton tebal dilapisi plat besi. Berdasarkan Gambar 13, nilai α tidak cukup signifikan perbedaannya, hal ini disebabkan bahan dan struktur dari spesimen 4 dan spesimen 8 adalah sejenis (DS-DC). Karena bahan beton mempunyai struktur kepadatan yang tinggi sehingga nilai α menjadi kecil (bukan material penyerap yang baik). Sedangkan pada Gambar 14 nilai TL spesimen 8 dengan penambahan plat besi cenderung lebih besar daripada nilai TL spesimen 4, hal ini disebabkan sifat plat besi dan menambah tebalnya spesimen 8. Tetapi besarnya perbedaan tidak sebesar perbandingan antara spesimen 3 dengan spesimen 7, hal ini disebabkan spesimen 4 dan spesimen 8 memiliki ketebalan yang cukup signifikan meredap bunyi tanpa penambahan plat besi.

Karakteristik secara fisik spesimen 5 adalah beton tipis dengan dilapisi plat besi, sedangkan spesimen 6 adalah beton tipis tanpa plat besi. Berdasarkan Gambar 15, nilai α tidak cukup signifikan perbedaannya, hal ini disebabkan bahan dan struktur dari spesimen 5 dan spesimen 6 adalah sejenis (DS). Karena bahan beton mempunyai struktur kepadatan yang tinggi sehingga nilai α menjadi kecil (bukan material penyerap yang baik). Sedangkan pada Gambar 16 nilai TL spesimen 5 dengan penambahan plat besi cenderung lebih besar daripada nilai TL spesimen 6, hal ini disebabkan sifat plat besi dan menambah tebalnya spesimen 6. Tetapi besarnya perbedaan nilai TL tidak sebesar perbandingan antara spesimen 3 dengan spesimen 7 pada Gambar 12, hal ini disebabkan spesimen 5 dan spesimen 6 memiliki ketebalan yang cukup signifikan meredap bunyi tanpa penambahan plat besi.

Untuk memudahkan analisa hasil pengujian akustik dari keseluruhan spesimen maka data tersebut dirangkum kedalam satu tampilan berupa grafik yang ditunjukkan

pada Gambar 17 untuk koefisien serap α dan Gambar 18 untuk rugi transmisi TL.

Dari Gambar 17 terlihat secara umum koefisien serap α berfluktuasi sesuai dengan frekuensi kerjanya. Sedangkan untuk rugi transmisi pada Gambar 18 menunjukkan kecenderungan nilainya membesar terutama untuk frekuensi tinggi. Hal ini sesuai dengan tabel karakteristik akustik bahan yang diperlihatkan pada hasil kerja dari Carlin [4].

KESIMPULAN

Melalui kajian eksperimental pengukuran koefisien redaman akustik yaitu nilai rugi transmisi (TL) dan koefisien serap α bahan pelapis dek kapal ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Penambahan material redaman suara jenis beton (concrete) pada dek kapal sangat disarankan untuk mengurangi kebisingan.
- Kemampuan redaman akustik berupa koefisien serap α dari material specimen jauh lebih tinggi dari pada material bahan dasar beton terutama pada daerah frekuensi tinggi. Dimana berkisar dari 0.15 – 0.97, sedangkan untuk bahan dasar beton mempunyai koefisien serap α berkisar dari 0.01– 0.02 [4].
- Untuk rugi transmisi Secara umum sifat – sifat bahan pelapis dari material specimen tetap melekat pada bahan utama pembangunnya yaitu beton atau “concrete” dimana rugi transmisi (TL) adalah berkisar antara 10 - 50 dB sedangkan untuk bahan dasar beton adalah berkisar 22 – 49 dB [4].

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih sebesar-besarnya kepada PT. Sika Indonesia, dalam hal ini Bpk. Toni H Istanto selaku Bussiness Industry Manager atas bantuan material pelapis dek kapal, dan kepada Laboratorium Getaran dan Akustik Teknik Fisika ITS untuk pengujian specimen. Khususnya kepada KEMENRISTEK atas bantuan dana penelitian melalui Program Insentif Peningkatan Kemampuan Peneliti dan Perekayasa 2012.

REFERENSI

- [1] Germanischer Lloyd,” Harmony Class – Rules on Rating Noise and Vibration for Comfort,” Cruise Ships Rules & Guidelines 2009.
- [2] Wibowo. H. Nugroho, Nanang. JH. Purnomo, Endah Suwarni, “Kajian Numerik Ketebalan Lapisan Redaman Getaran Berbahan Semen untuk Dek Kapal Penumpang,” Rekayasa Energi

- Manufaktur (REM) Jurnal-UMSIDA, Vol. 1. No.1. 2016.
- [3] Nippon Kaiji Kyokai, “Experimental Study Report on Noise Reduction in Ship Accommodation Spaces,” Japan Ship Technology Research Association, 2012.
- [4] Benson Carlin, et al, “Sound, Noise, and Ultrasonics”, chapter 12, Building Construction and Equipment, Marks’Standard Handbook for Mechanical Engineers, Tenth Edition, 1996.
- [5] Kurt Heutschi, “Acoustics I: Absorption-Reflection-Transmission,” Swiss Federal Institute of Technology Zurich, 2013.
- [6] Norwood, C., “Acoustic Transmission Loss and Structureborne Noise Transmission Tests on a LASCOR and a Reference Steel Panel, MRL-TN-623,” DSTO Materials Research Laboratory, Cordite Avenue, Maribyrnong, Victoria, 3032, Australia, 1993.
- [7] Wibowo HN, Sahlan, Suwahyu, Hardi Z, Dhani A, Andi R, Laporan Kegiatan “Pengukuran Koefisien Redaman Akustik Dan Vibrasi, Material Deck Compound (DC) dan Deck Screed (DS),” PT. Sika Indonesia, 2012.
- [8] Serway, Raymond A. & Jewett, John W. “Physics for Scientists and Engineers 6th edition.” California: Thomson Brooks/Cole. 2004.
- [9] United States Federal Standard 1037C, “Telecommunications: Glossary of Telecommunication Terms”, The General Services Administration, 1997.
- [10] Blackstock, David T. “Fundamentals of Physical Acoustics.” Wiley–IEEE, ISBN 0471319791, 568 pages. See page 141, 2000.
- [11] Lam, Y.M. “Acoustic of Enclosed Spaces.” Universitas Salford. 1995.
- [12] Lamancusa, J. S., “Chapter 9.1, Transmission of Sound Through Structures; Noise Control,” Pennsylvania State University, 2000.